



更洁净的 棉布染色方法

由于轻柔而天然的手感，棉布衣服尤其在暖和的天气穿着非常普遍。但除了通过扎染制成的夏季露营者和摇滚歌迷的那些T恤衫的方法外，使棉布纤维染上五彩缤纷的色彩不是一个容易的过程，而且这种方法要使用对环境有污染的化学品并消耗大量的水和电。但是现在，北卡罗莱纳州立大学纺织学院的Peter Hauser教授认为，他已找到了解决这个问题的办法。通过对30年前的染色技术的改进，他相信大幅度削减纺织品染色过程所需要的能源和用水是可能的。

染色工序

通常，有两种染料用于棉布及其他织物：直接染料和纤维-反应染料。它们都属于阴离子染料。由于棉布自身在水中产生负电荷，因此如果不经特殊处理，要使纤维染色就好比让两块相同磁极的磁铁相吸一样——不费力气是不可能的。

直接染料与织物的纤维素聚合体之间产生相对弱的氢键，构成不太耐久的粘着物。直接染料在水浴中加少量盐就可以用。直接染料便宜，而且使用方便，但它们不如纤维-反应染料耐洗。然而，由于其良好的耐晒性，故常用于那些很少洗或从不洗涤的织物如窗帘及其他室内装饰品。

纤维-反应染料是一种载体与反应基团结合起来的分子。载体是在染色分子中吸收光

而产生颜色的一些原子基团，反应基团则通过与羟基基团反应同纤维形成强的共价键。这些强共价键使颜色很耐久，但共价键的形成需要碱性染液和大量的电解质或盐（例如氯化钠或硫酸钠），用量多至与织物等重，这样才能屏蔽阴离子染料，不和织物的负电荷相斥。同时电解质也降低染料的水溶性。

棉布在染色之前，要先把无机物、蜡和其他杂质去除。通常还需要用过氧化氢漂白，然后用水反复漂洗以去除过氧化氢。一般有10%~40%的纤维-反应染料没有与纤维形成共价键，这就需要另加清洗步骤以去除未反应的染料，这一过程称为“洗涤”。这样大量的废水（含有废弃的电解液）必须经过处理，给印染厂增加了污染问题的烦恼。

“水是最便宜的染料转移媒介”，Hauser解释说，“染料经过水溶相，然后单个染料分子渗入到纤维素的纤维中，最终染料附着于构成棉布纤维的多聚体链上。这听上去很简单，但事实上并不简单。”

Hauser说，除了水的消耗，印染厂还要面临能源消耗的问题。首先，织物要均匀地印染，织物和染液必须保持持续的运动。这就需要有泵使染液循环流动，还需要有某种机械过程在不停的运动中拉展织物。其次，传统的洗涤通常要把棉布

浸没在大量沸腾或接近沸腾的水中，Hauser说，洗涤棉布所需的时间几乎与棉布染色的时间一样长。他说：“花3到4小时并不稀奇”。

根据Hauser估算，如果一个纺织品制造商每月生产50万kg染好的纺织品，它每月需要排放5000万升含有超过37万kg化学固体物的污水、消耗300万千瓦小时的能量。考虑到世界范围的能源和水的短缺，能够减少水和能源消耗的一种可靠的染色工序一定会大受欢迎。

阳离子棉布

Hauser开发的染色方法使用了一种阳离子反应剂，3-氯-2-羟丙基三甲基氯化铵（3-chloro-2-hydroxypropyltrimethylammonium chloride）或称CR-2000（由Dow

化学品公司生产）。这种反应剂和强碱（如氢氧化钠）混合后构成一种物质，能永久改变棉布的电荷性。“这种化学物质的一端携有正电荷，另一端带有能与棉布发生反应的活性基团，”Hauser解释说，“活性基团永久地与棉布结合，而另一端则强烈地吸引染料分子。染料和阳离子化的棉布之间的结合键一旦形成就十分牢固，使得这种棉布的耐洗性非常好。”

Hauser认为这种染色工艺除不易褪色外还有其他一些优点。如果正确使用这个染色方法，几乎所有的染料都能被利用，因此可以减少染料的用量，而且废水中也只有少量的染料存在，这种方法还不需要盐。Hauser说，“在排放的废水中没有染料，没有盐，也没有其他的东西，因此你可以不经处理就排放废水，而且能源的消耗也大大减少，因为不需要用热水洗涤。由于在较少的时间里生产出等量的染织品，你的生产效率也得到了提高。”

Hauser承认这是一种好的解决办法，但还不完美。首先遇到的问题是，用来加强棉布可染性的化学物是一种小的水溶性分子，这意味着它不能完全吸尽在纤维上（吸尽率是指离开染液与织物结合的染料的量。高吸尽率是指大量的染料脱离染液而与织物结合，低吸尽率指少量的染料脱离染液。）这就要求在水的处理过程前使用此

染液,而不是简单地把这种化学物与染料混合在一起。

此外,反应剂自身也存在一些问题。Hauser说:“这种阳离子反应剂在运输和使用时是完全安全的。”但它在这个工序中被使用时,要经历一个中间活化阶段,形成2,3-环氧丙基三甲基氯化铵(2,3-epoxypropyltrimethylammonium chloride),这种化学物在测定致癌性的Ames试验中显示阳性。为保证这些环氧中间体在排放到环境之前完全耗尽,水的pH值要调整。在高温和高的pH值下,化学物的环氧形式可以进行生物降解。

染色新技术

在过去20年里,棉业联合会(Cotton Incorporated),一家研究和促进美国棉布工业发展的公司,反复对阳离子棉布技术进行了研究。这家公司的技术服务、染色及整理研究部门的总管Louis Protonentis说,他相信阳离子棉布能革新棉布染色的方法。看到Hauser所做的工作,Protonentis倍受鼓舞,但他承认在20世纪70年代曾使用过该方法的企业会有一些抵制。他说,“现在,在这个问题上我看到两个阵营。有些人在多年前就知道这种技术的用途,而且可能在使用中碰到一些问题。他们在过去尝过些苦头,因此不知道或不报信心在化学和相关应用知识领域所取得的进展。另一些人从没听说过此技术,对这件‘好事’心存疑虑。”

他继续说,“纺织业是一个古老的、成熟的行业,任何一个印染业主都知道,他们的首要任务是使产品无需重染或其他附加工序而出厂。采用上述述的新系统,你就必须做大量的实验室和现场研究,以掌握如何使你的设备、纺织物等适用于该生产过程。这一行业的人们回避新事物,是因为尝试新事物可能会影响其日常的生产运作。他们喜欢舒适地一遍一遍做同样的事情。”

Dow化学品公司资助了北卡州立大学的一个研究项目,以探索棉布阳离子化的新方法。Dow化学品公司CR-2000项目的技术服务和开发部经理Dei Castilleja说,如果印染业广泛采用这项技术,他们公司将保证充足的产量。但他也认为工业界必须识别这些差异。他说“染色业的主顾必须认识到,他们不能以一直沿用的相同设备来进行阳离子化和染色。他们要生产的是一种完全不同的棉布,因此需要以一种全新的眼光来观察新事物。但是由于纺织业的衰退,研究开发部门许多人被解雇,许多公司或是被兼并,或是南迁

至墨西哥。纺织工业界需要的是一种它现在还不习惯的前瞻性的思维方式。每个染坊都需要进行研究以寻找适合于自己的最佳、最经济的阳离子化和染色工艺。工业界必须接受变革。”

除了改变态度,阳离子染色工艺还同样面临生产方面的一些问题。Hauser说,“例如,早期生产出来的CR-2000并不完全符合要求。染色后剩余的原料由胺类化合物制成,它会发出死鱼般的臭味。所以如果将处理过的、但尚有未反应的化学物黏附的棉布出厂,棉布服装生产商只好尝试出售带有死鱼气味的衬衫。”

阳离子染色的另一个问题是染料和织物的反应速度明显加快。Hauser说,“在20世纪70年代首次采用这一技术时,人们曾试着以前一样的方式染色。事实上,因为染色的速度加快了很多,你必须调整操作步骤。你可以通过一种可定量的阀门,以较慢的速度加入染料。比如每隔30分钟左右加一次,而不是将染料一次全部加入。如果加入染料过快或在织物转动正常之前加入染料,你会发现染色不匀。”

还有一个问题是棉布对阳离子试剂的吸尽率。试剂与棉布结合的数量取决于采用的方法。Hauser现行的工艺过程会产生较低的吸尽率,这就必要地提高了阳离子染色的成本,尽管它节省了总的资源消耗。

Hauser相信,所有这些因素并不是不可克服的。他说:“缓慢、均匀的加入染料很重要,所以你需要一个控制进程的装置。可能要做一些试验和犯点错误,才能学会正确地控制整个过程。但此事的成功或失败都将取决于经济效益。”

棉布染料大约每磅5美元,Hauser说:一般而言,染料用量是织物重量的2%,即每磅棉布所用染料的成本为0.10美元。此外还需再加上CR-2000的费用(每磅反应试剂1~2美元,即每磅棉布约花费0.15美元)。然而,采用这一工艺只需较少的染料即可达到同样的染色结果,所以总的来说,染每磅棉布的成本还是下降了。尽管每磅棉布节省的成本似乎较少,但对某些每月可生产数百万磅棉布的大型棉布印染厂而言,这一费用的节省则相当可观。

Hauser承认:“这一技术并不价廉,但其他因素还需加以考虑。比如,你需要考虑生产过程中消耗的能源、水以及废物处理的成本。我们这个国家的能源和水都是廉价的,我们已被惯坏了。但世界上其他绝大多数国家印染厂的处境就没

这么好。在墨西哥,有的印染厂的水需要每天用卡车运送。在水和能源严重短缺的国家,如埃及、印度和整个拉丁美洲,人们对我们的工作表示了广泛的兴趣。”

Castilleja说,革新需要人们有此意愿,有的公司愿意将眼光放远,考虑提高他们的竞争力以及如何有益于环境。水和能源奇缺及昂贵的国外市场将率先采用这项技术。北美的纺织印染业应该尝试做些独特的事,因为我不敢保证在全球竞争的市场中,它是否仍能站住脚。

事实上,工业界是否会广泛采用这项技术还得拭目以待。Hauser说,“服装生产厂商是否会要求布料供应商采用这项技术,这样他们可在广告中宣传采用了环保印染过程?是否GAP在其T恤衫上贴上一枚以‘绿色环保工艺’印染的标签,其售价就可高出20%?答案我不知道。我们必须利用市场使这项技术得到应用。”如果这技术确实成功了,其结果将会给环境带来更加光明的前景。

—Lance Frazer

译自EHP 110:A252-A254 (2002)

推荐读物

Hauser PJ. Reducing pollution and energy requirements in cotton dyeing. Textile Chem Color Am Dyestuff Rep 32(6): 44-48 (2000).

Schlaeppi F. Optimizing wet textile processes to reduce environmental impact. Textile Chem Color 30:19-26, 1998.

U.S. EPA. A case study from EP3: pollution prevention assessment for a textile dyeing facility serving fabric manufacturers. HBI-94-004-01, Pub. #10/31/94. Bethesda, MD: U.S. Environmental Protection Agency, 1994 (available: <http://es.epa.gov/ep3/ep3-cs3.html>).

Hauser PJ, Tabba AH. Improving the environmental and economic aspects of cotton dyeing using a cationised cotton. Color Technol, No. 5, 282-288 (2001).